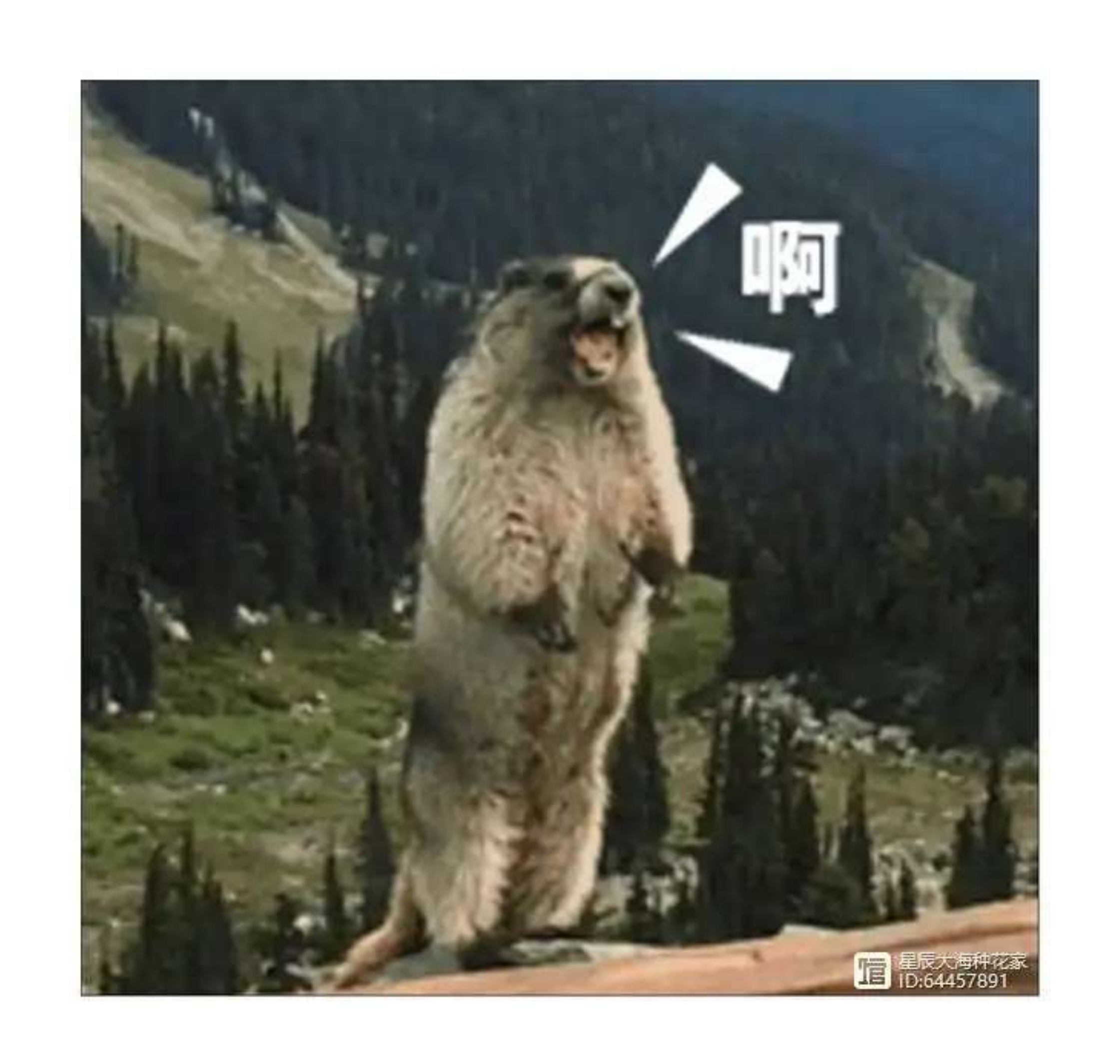
第4篇　遗传与进化





第9章 细胞质遗传与雄性不育





一、细胞质遗传

1、细胞质遗传的概念

- 真核细胞中的线粒体、质体等有少量遗传物质

- 原核细胞和某些真核细胞有附加体和共生体，称为细胞质颗粒

- 带有遗传物质，多游离于染色体之外，有些能与宿主的染色体整合

- **细胞质基因组**：细胞器和细胞质颗粒中的遗传物质。

一、细胞质遗传

1、细胞质遗传的概念

❖**核遗传**：由染色体基因组控制的遗传现象和遗传规律。

❖细胞质遗传：由细胞质基因组所决定的遗传现象和遗传规律。

❖ 又称为非染色体遗传、非孟德尔遗传、核外遗传、染色体外遗传、母体遗传。

一、细胞质遗传

2、细胞质遗传的特点

（1）正交和反交的表现

（2）杂交后代的表型分

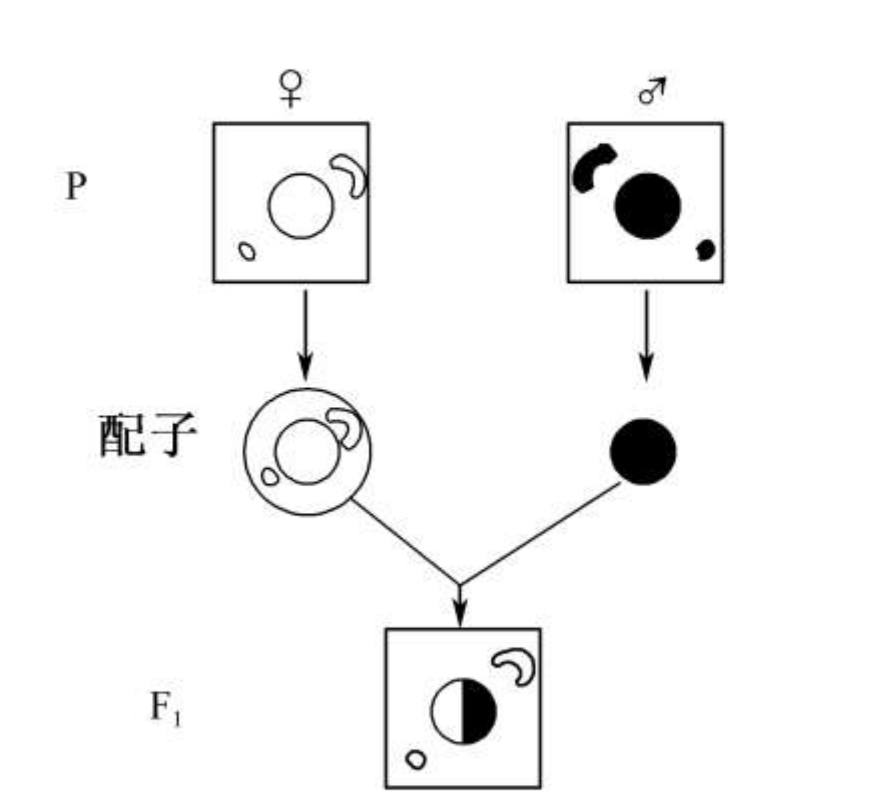
（3）通过连续回交，能

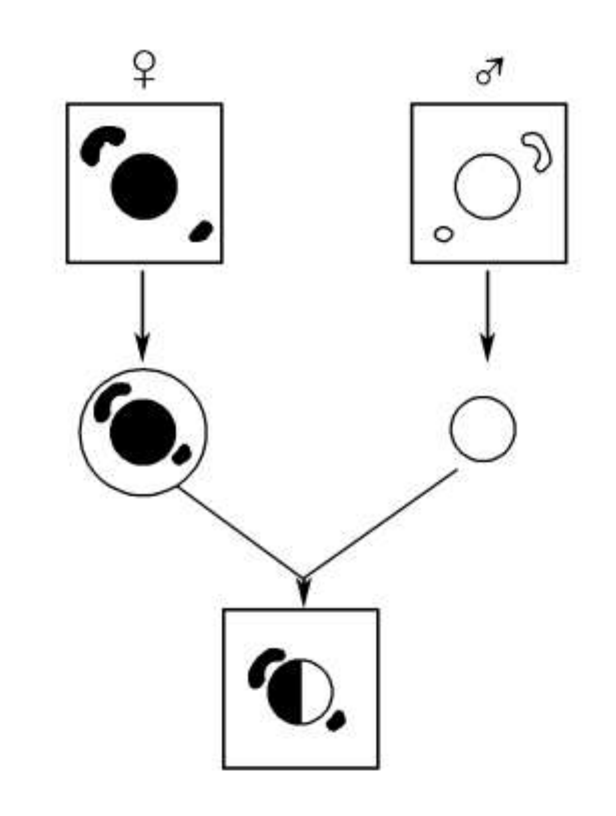
基因及其控制的性状不

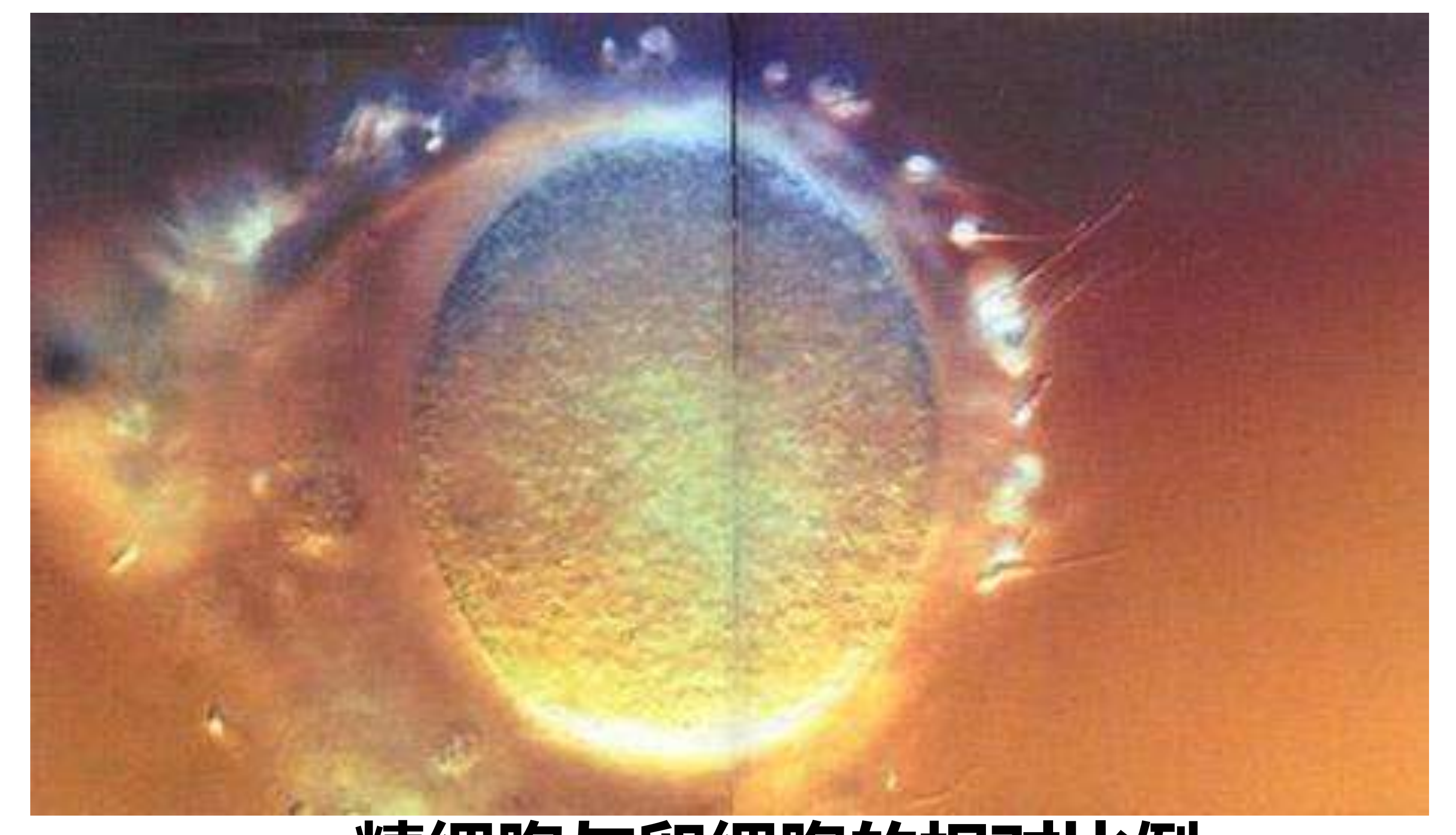
（4）由附加体或共生体

染；

（5）只能通过卵细胞传







精细胞与卵细胞的相对比例

- ❖ 在真核生物的有性繁殖过程中，卵细胞带有细胞质及其所含的各种细胞器，精子则基本上不携带细胞质。

- ❖ 在受精过程中，卵细胞既提供核基因，又提供细胞质基因，而精子只提供核基因而基本不提供细胞质基因。

一、细胞质遗传

3、细胞质遗传的实例——叶绿体遗传

（1）紫茉莉花斑性状的遗传

（2）玉米埃型条纹斑的遗传

（3）叶绿体遗传的分子基础

一、细胞质遗传

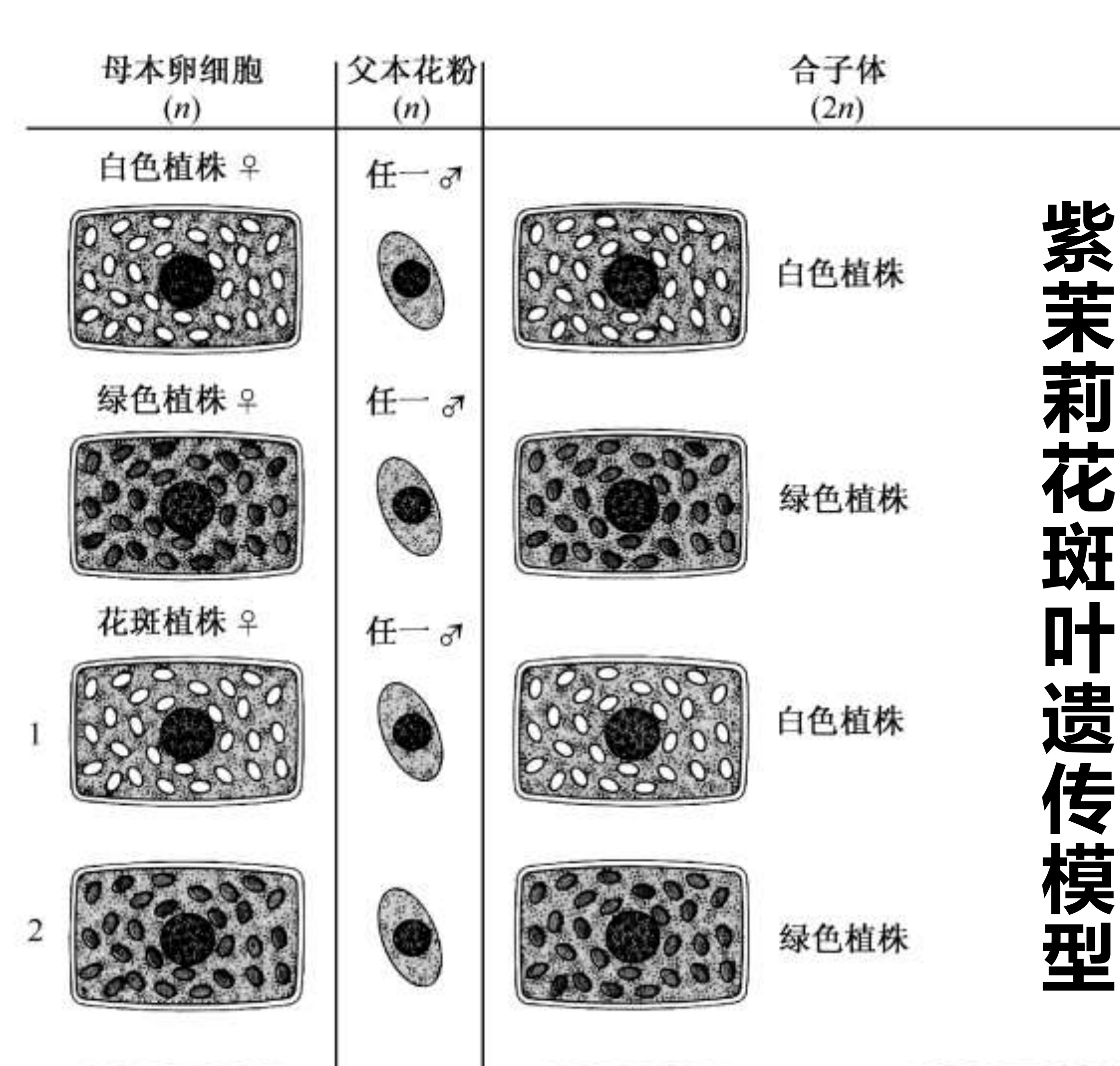
（1）紫茉莉花斑性状的遗传

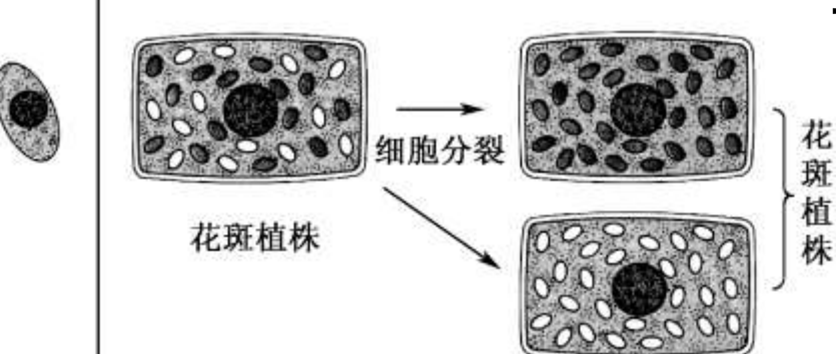
- 1908年Correns
- 紫茉莉植株
- 叶片有绿色、白色、绿白相间的花斑型
- 白色部分和绿色部分有明显的界限



接受花粉的枝条	提供花粉的枝条	杂交植株的表现
	白色	
白色	绿色	白色
	花斑	
	白色	
绿色	绿色	绿色
	花斑	
	白色	
花斑	绿色	花斑
	花斑	

紫茉莉花斑叶遗传模型





- 绿色叶片或花斑叶片的绿色部分细胞中含有正常的叶绿体。
- 白色叶片或花斑叶片的白色部分细胞中不含有正常的叶绿体。
- 叶绿体存在于细胞质中，叶绿体遗传符合细胞质遗传的特征。
- 子代的叶绿体类型决定于种子产生于那一种枝条，而与花粉来自于那一种枝条无关。

一、细胞质遗传

（2）玉米埃型条纹斑的遗传

- 纯合 *ijij* 条斑植株用作母本，不论父本的基因型是什么，叶绿体的特征将持续下去，子代没有典型的孟德尔比数，各种类型都有。
- 看不到核基因和质体表型间的对应关系。
- 埃型条纹斑性状一旦在纯合体植株中形成，就显示出典型的细胞质遗传，即使有正常的核基因 *Ij* 存在，也不能对其进行“矫正”。

一、细胞质遗传

（3）叶绿体遗传的分子基础

- 叶绿体DNA（ctDNA）
- 双链闭环结构
- 与细菌DNA相似，没有复杂的染色体结构。
- 每一个叶绿体内ctNDA分子数目不确定，高等植物中约30-60拷贝。
- ctDNA能自主复制、转录和翻译
- 叶绿体性状同时受核DNA和ctDNA控制，在遗传上有半自主性

一、细胞质遗传

4、细胞共生体的遗传

- 在某些生物细胞质中还有另一类细胞质颗粒。
- 共生体：不是细胞生存的必须组成部分，而是以某种共生的形式存在于细胞中。
- 最典型的共生体颗粒的遗传实例是草履虫放毒型的遗传。

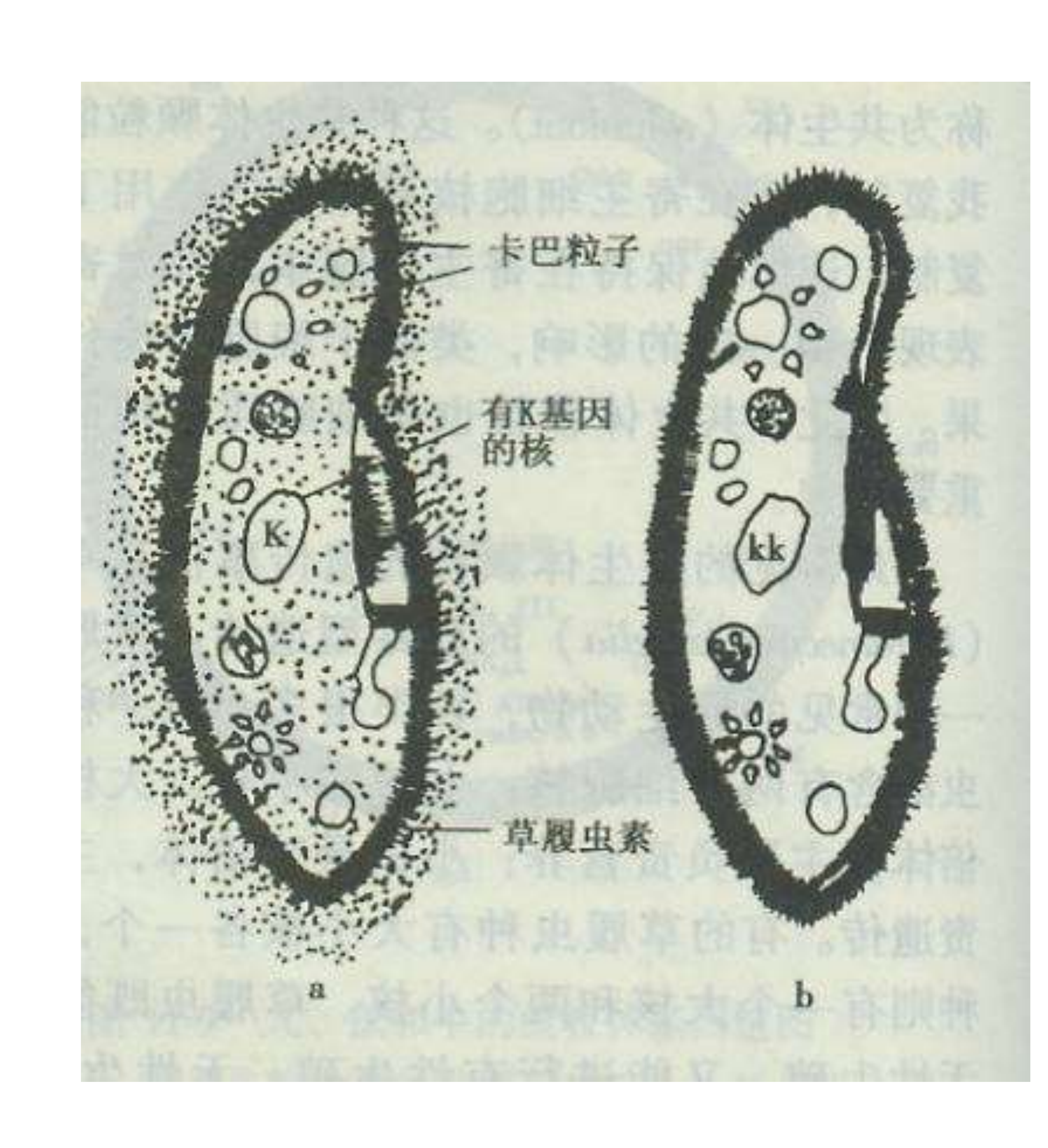
一、细胞质遗传

4、细胞共生体的遗传

❖草履虫是单细胞原生动物，种类很多

❖ 有一种草履虫有两种细胞核，大核和小核，有的有两个小核。

❖ 大核主管营养，是多倍性的；小核主管遗传，是二倍性的。

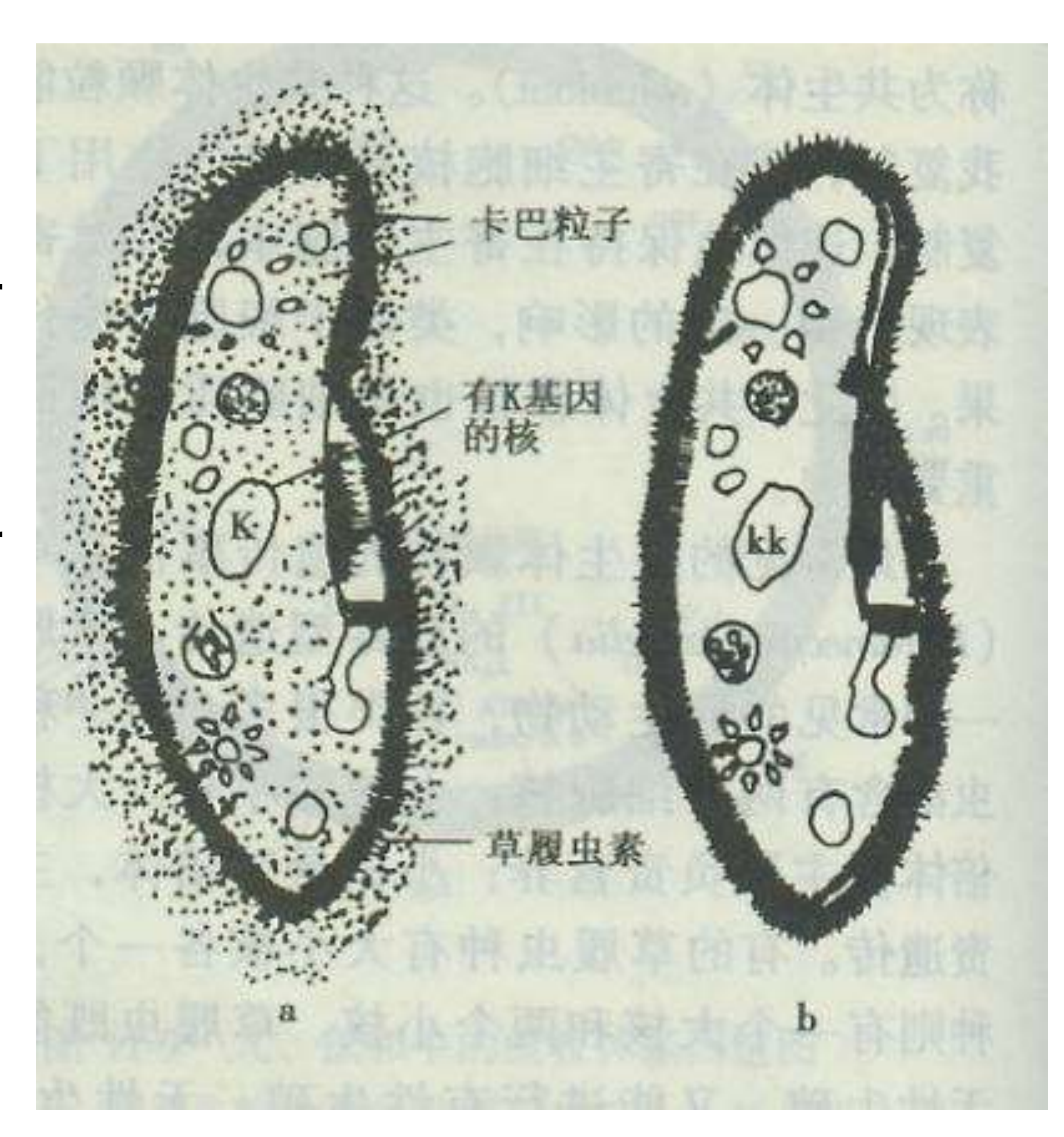


一、细胞质遗传

4、细胞共生体的遗传

❖放毒型：体内有卡巴粒，核内有K基因，能产生草履虫素

❖敏感型：体内无卡巴粒，核内有k基因，不能释放草履虫素

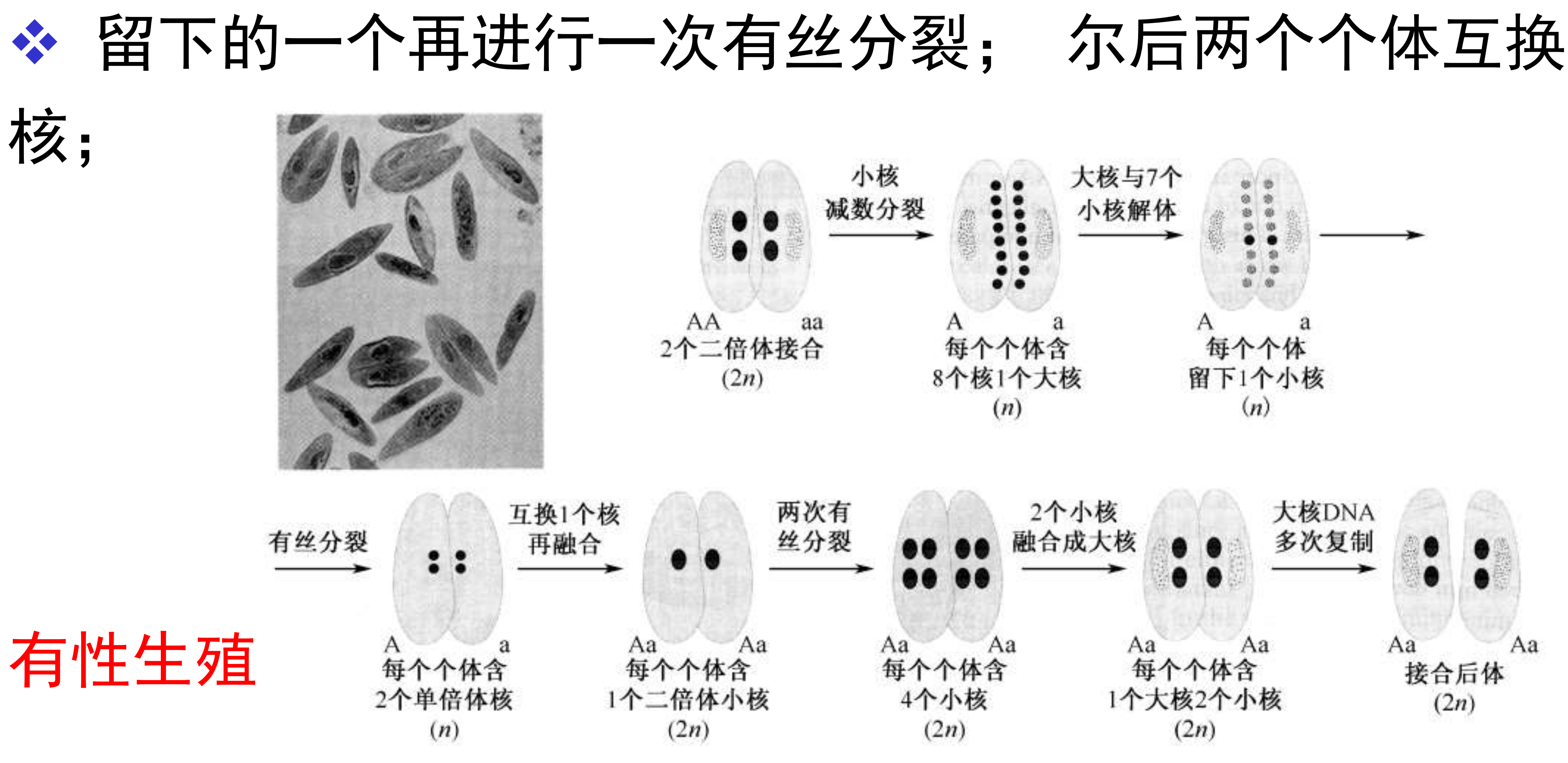


这种草履虫有3种生殖方式 ：

❖无性生殖 有性生殖 自体受精

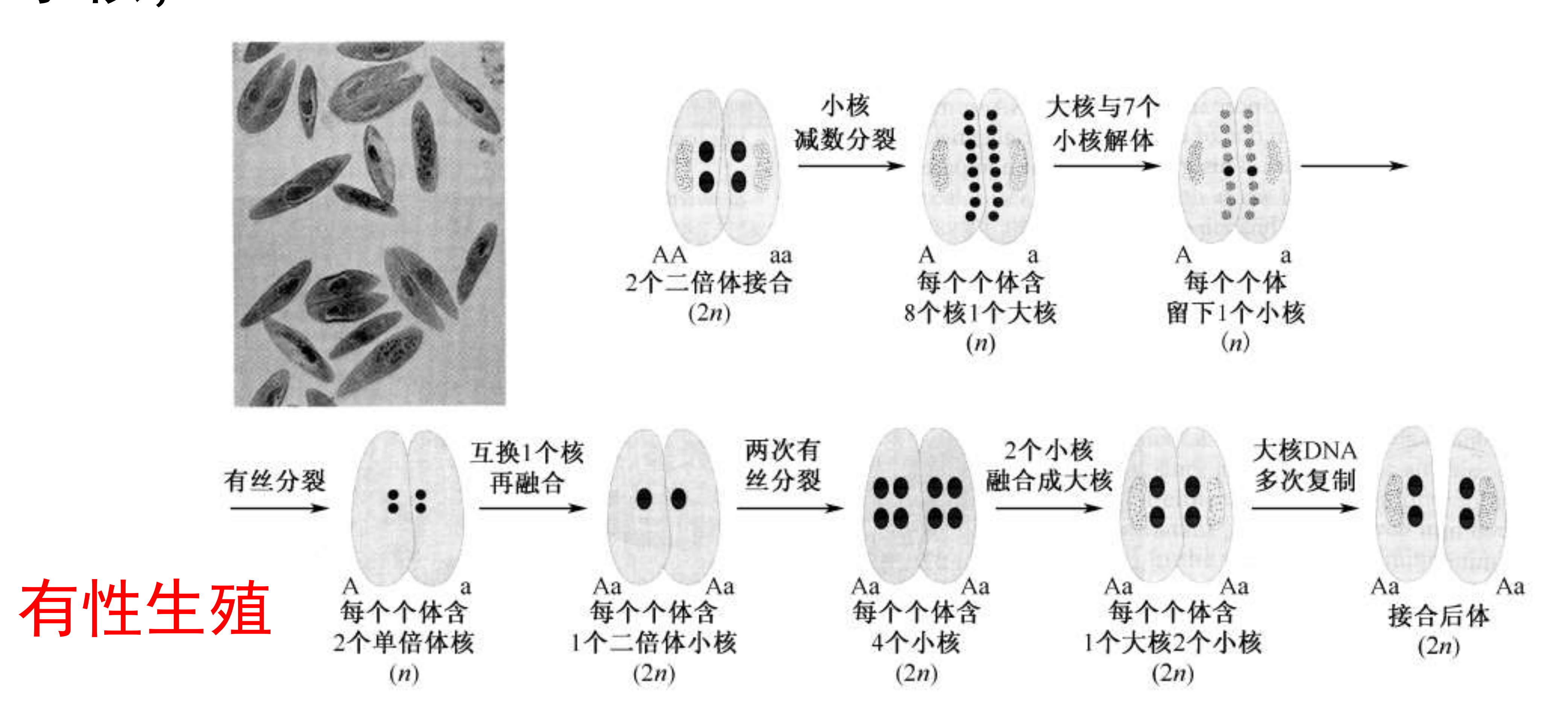
❖两个个体相互接合，在接合过程中，大核开始解体，小核进行减数分裂产生8个小核，其中7个解体；

❖ 留下的一个再进行一次有丝分裂； 尔后两个个体互换一个小核；



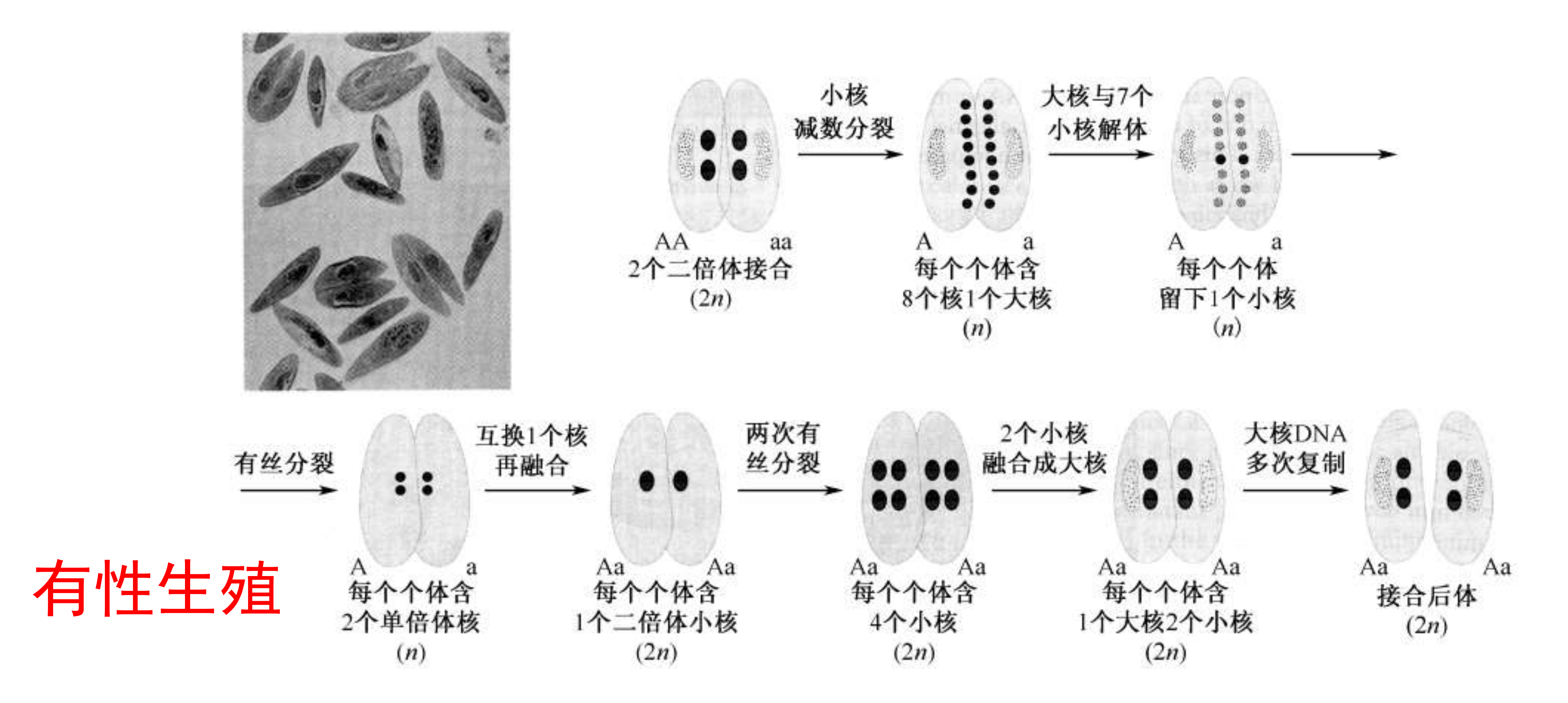
有性生殖

- 换入的小核与原存的核融合，成为二倍体；
- 大核完全解体，小核再进行连续的两次有丝分裂，各形成四个小核；



有性生殖

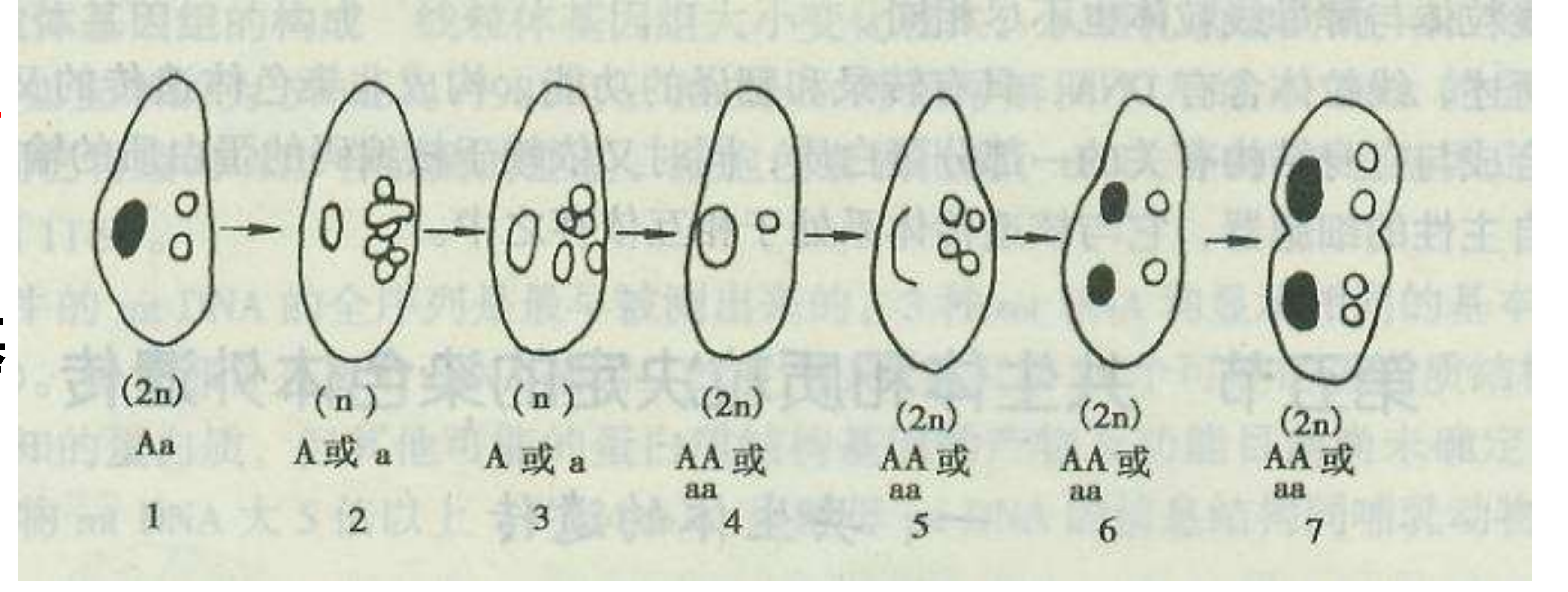
- 两个个体分开，完成结合过程。
- 其中两个核融合成大核，其余两个再进行一次有丝分裂。又进入无性生殖过程。



有性生殖

自体受精生殖

自体受精以后基因型均纯合。



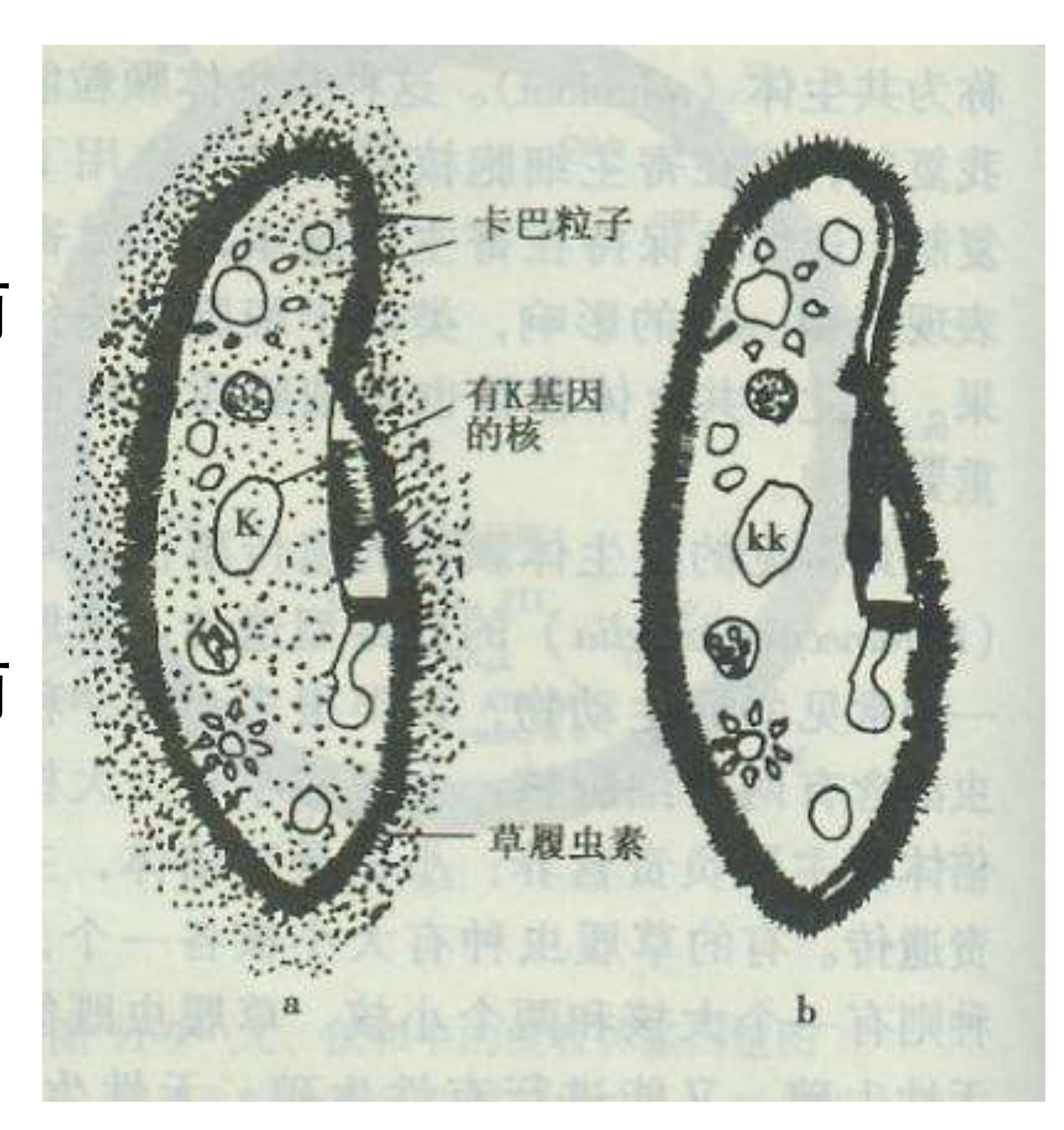
1、2:两个小核分别进行减数分裂，形成8个单倍体小核，7个解体;
3. 剩下的一个进行一次有丝分裂，形成两个单倍体核;
4. 两个单倍体核融合成一个二倍体核
5. 合并后的核经两次有丝分裂形成四个二倍体小核
6. 两个发育成大核
7. 其余两个再分裂一次，尔后细胞分裂为二，各含有两个二倍体小核和一个多倍体大核。

❖放毒型：体内有卡巴粒，核内有K基因，能产生草履虫素

（KK+卡巴粒）

❖敏感型：体内无卡巴粒，核内有k基因，不能释放草履虫素

（kk）

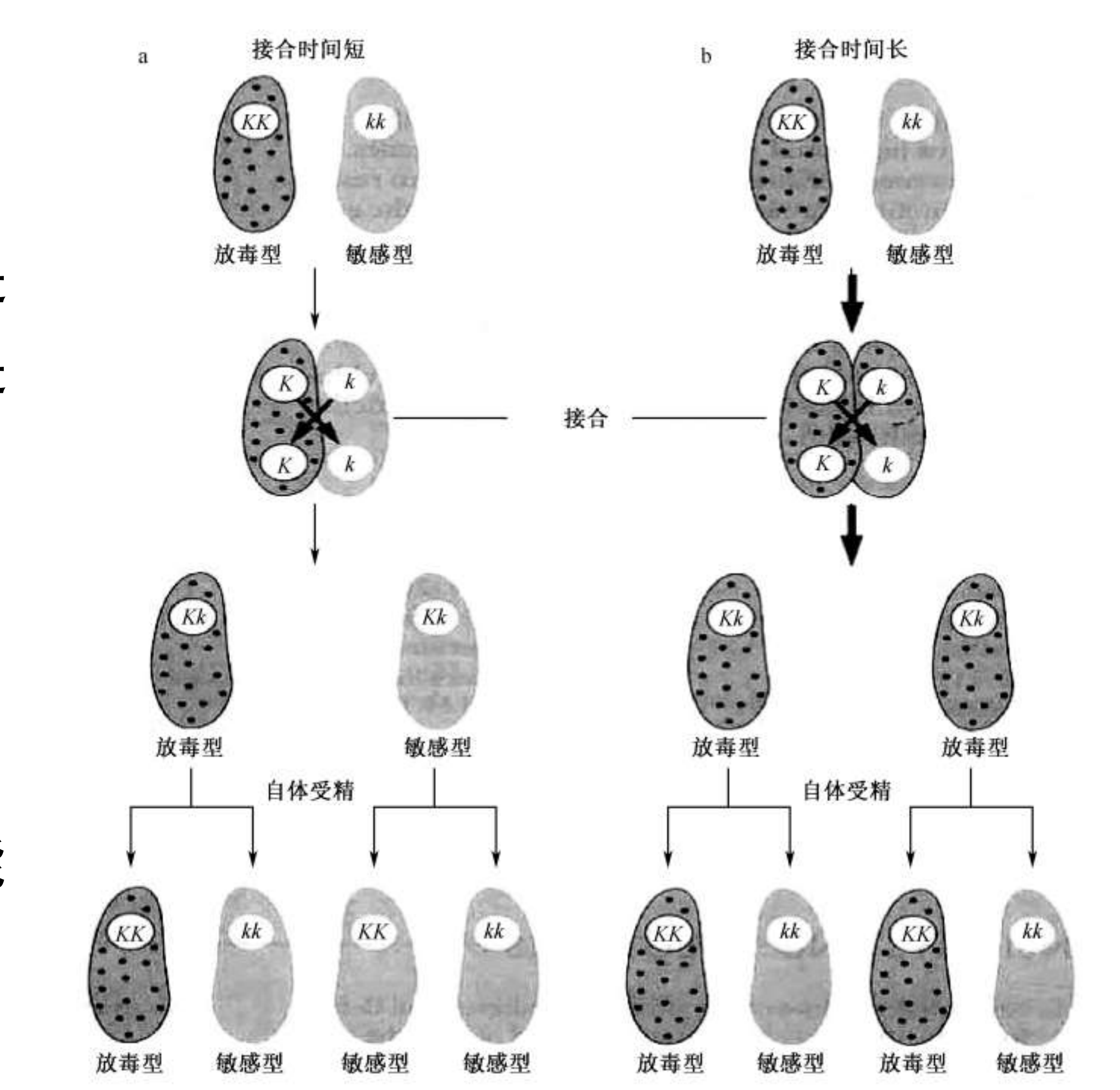


草履虫放毒型的遗传

❖ 有卡巴粒的草履虫是放毒型，没有卡巴粒的是敏感型，可见草履虫素是卡巴粒产生的。

❖ 卡巴粒的增殖依赖于核基因K的存在。

❖ 有核基因K，细胞质中没有卡巴粒，卡巴粒不能无中生有，仍为敏感型。



二、母性遗传

- ❖母性影响（maternal influence）：遗传现象与细胞核遗传十分相似，但本质上却不一样。
- ❖ 母性影响的遗传现象并不是细胞质所决定的，而是由核基因的产物积累在卵细胞中所决定的。
- ❖ 就其实质而言，它不属于细胞质遗传的范畴。

二、母性遗传

1、持久的母性影响

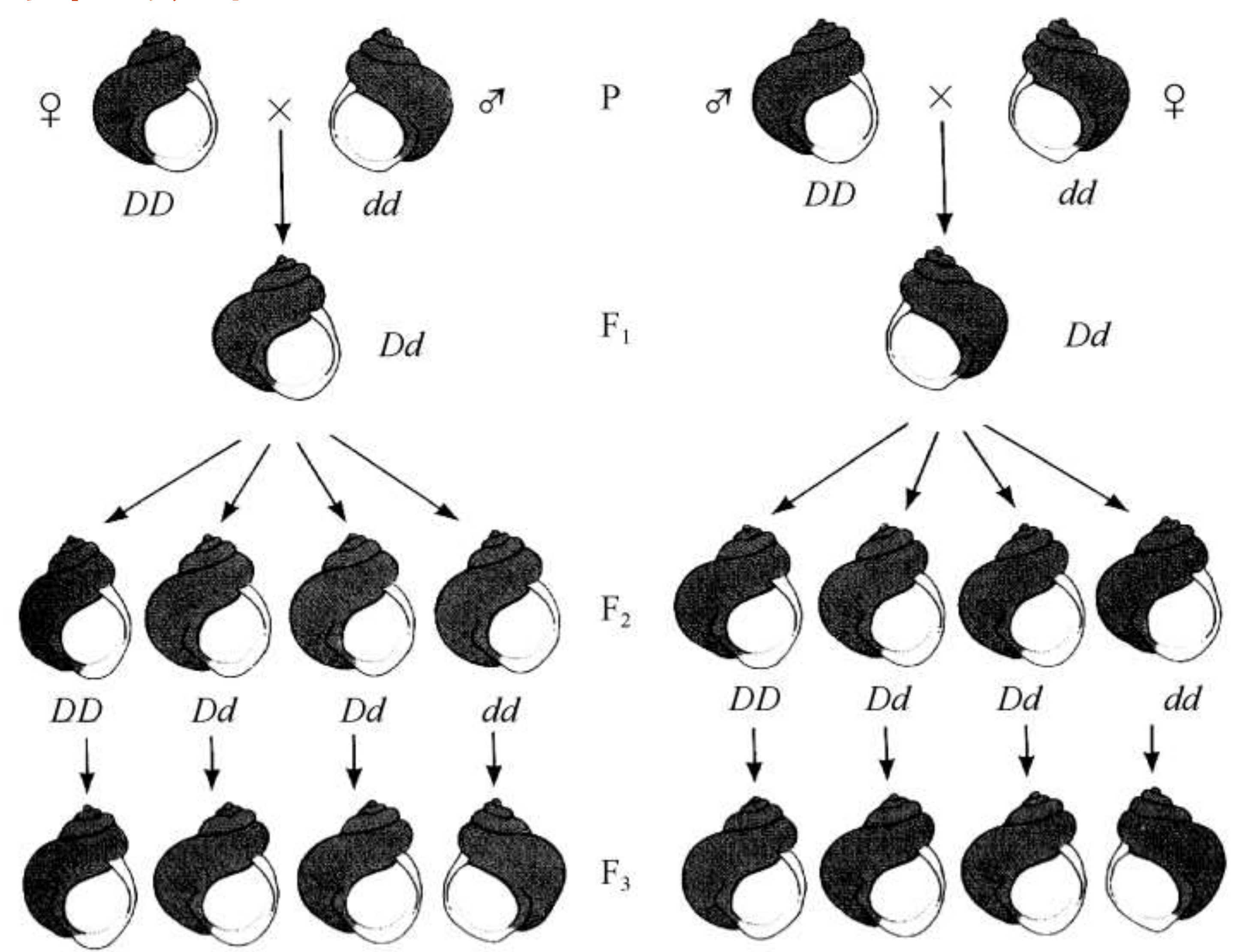
❖椎实螺，软体动物，雌雄同体，繁殖时一般进行异体受精，但若将它们一个一个地分开来饲养，它们就进行自体受精。

❖ 椎实螺外壳的旋转方向有左旋和右旋之分，是一对相对性状。拿起一个椎实螺，使尖顶向上，开口朝向自己，开口向右，即为右旋，开口若向左，称为左旋。受一对基因控制，右旋S＋ 对左旋S是显性。

❖ 椎实螺外壳的螺旋方向受母体基因型控制，终生不变，看起来更像细胞质遗传，其实还是受母性影响。

二、母性遗传

1、持久的母性影响

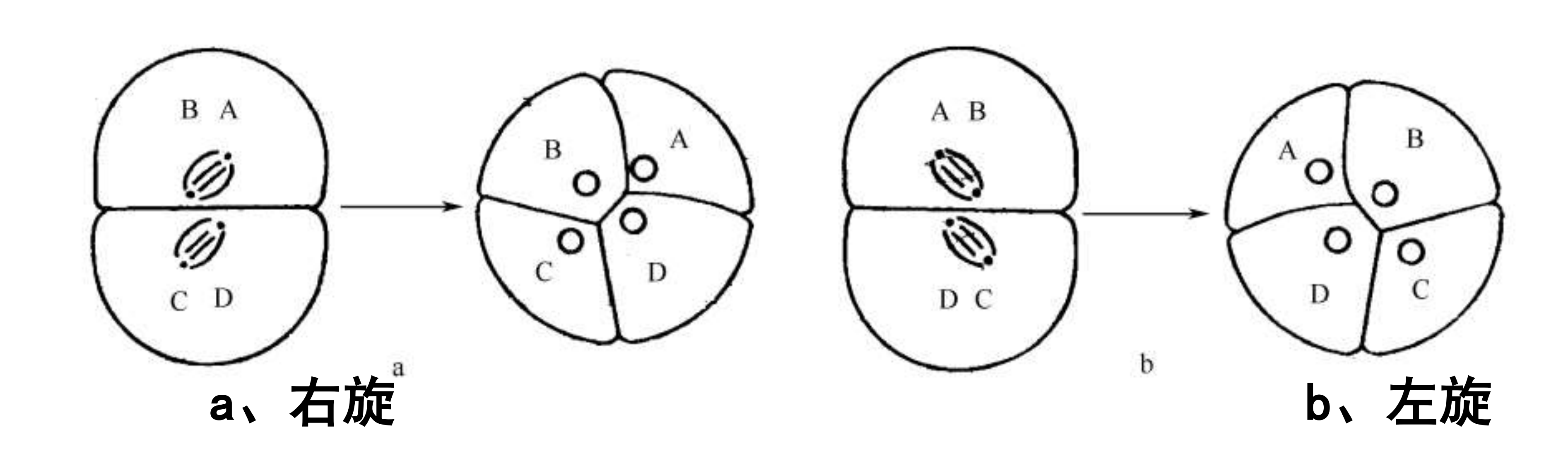


二、母性遗传

1、持久的母性影响

- 母性影响又叫前定作用
- 其实质是：

受精前卵细胞质的状态决定子代某些性状的表现。



螺类的受精卵是螺旋式卵裂，成体外壳的旋转方向决定于受精卵的最初两次分裂中纺锤体的方向。而纺锤体的方向决定于卵细胞的特性，卵细胞的特性又决定于母体的基因型。

二、母性遗传

2、短暂的母性影响

- 欧洲麦粉蛾
- 野生型的幼虫皮肤有色，成虫复眼深褐色。
- 这种色素是一种叫做犬尿素的物质所形成的，受一对基因控制。
- 突变型个体缺乏犬尿素，幼虫无色，成虫复眼红色。

二、母性遗传

2、短暂的母性影响

P　　AA × aa

有色 ↓ 无色

F_1　　Aa（全部有色）

测交 1　　（F_1 ♂）Aa × aa（♀）

↓

Aa　　aa

野生型　　突变型（这与一般测交相同）

测交 2　　（F_1 ♀）Aa × aa（♂）

↓

Aa　　aa

幼虫有色　　幼虫有色

成虫褐色　　成虫红色

二、母性遗传

2、短暂的母性影响

- 精子不带细胞质，卵细胞带有大量细胞质，当Aa基因型的个体形成卵子时，不论卵细胞带有A还是a，细胞质中都容纳了足量的犬尿素，
- 它们的后代中，Aa与aa幼虫个体的皮肤都是有色的。
- 在aa个体中母性影响是暂时的，aa个体中缺乏A基因，不能自己制造色素，随着个体发育，色素逐渐消耗，到成虫时犬尿素的浓度已经很低，所以复眼成为红色。

三、植物育性不育性的遗传

❖在细胞质基因决定的许多性状中，与农业生产关系最密切的是植物的雄性不育性（male sterility）。

——雌雄同株的植物雄蕊发育不正常，不能产生正常花粉，但雌蕊发育正常，能接受外来花粉而受精结实。

三、植物育性不育性的遗传

1、雄性不育遗传类型

产生雄性不育的原因有两种：

- 一种是雄蕊在发育中受到不良的环境影响或不适宜的生理条件造成的，这种雄性不育是暂时的，不能遗传。
- 另一种是受某些胞质基因或核基因决定的，是能遗传的雄性不育。在育种上必须是能遗传的雄性不育才能利用。

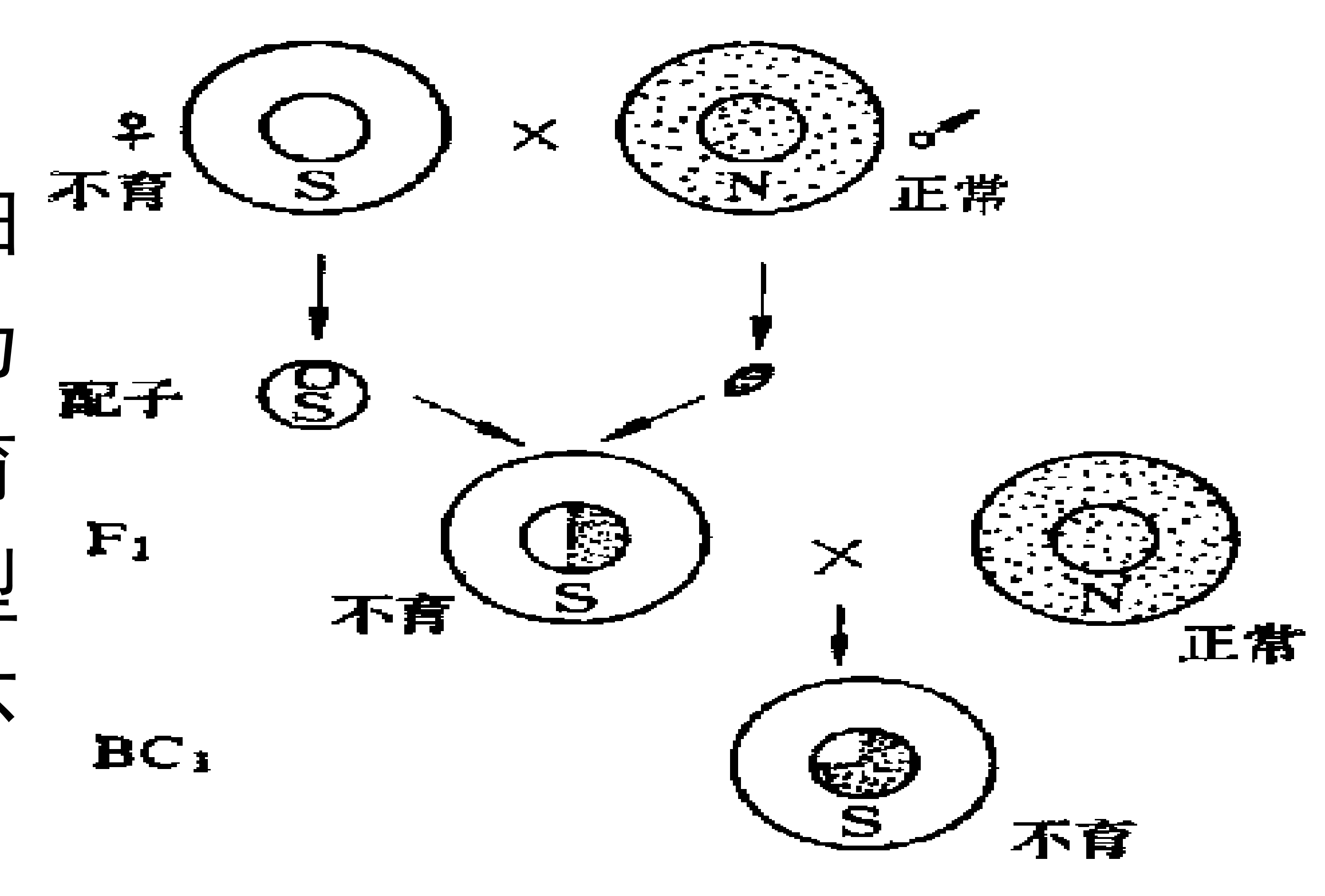
三、植物育性不育性的遗传

1、雄性不育遗传类型

根据雄性不育基因的存在部位和作用分为三种类型：

（1）细胞质遗传的雄性不育

这种雄性不育类型是由细胞质基因控制的，因此表现为母性遗传。如用这种雄性不育类型作母本与雄性正常的类型杂交，其杂种总是表现雄性不育。



三、植物育性不育性的遗传

1、雄性不育遗传类型

（2）细胞核遗传的雄性不育

这种雄性不育是由核基因控制的，因此它的遗传表现遵循分离规律。根据不育基因的显隐性，可分为以下两种：

①核雄性不育受隐性基因控制

②和雄性不育受显性基因控制

①细胞核隐性基因雄性不育的遗传

P	msms 雄性不育	×	MsMs 雄性正常

↓

F_1　Msms　雄性正常

↓ 自交

F_2	MsMs 雄性正常	Msms 雄性正常	msms 雄性不育

②和雄性不育受显性基因控制

我国发现育成的小麦太谷核不育系就是属于这一种。

太谷核不育基因Tae(以下简写为T)为显性，而它的相对基因tae(以下简写为t)为雄性正常。

当用纯合的不育系(TT)与雄性正常(tt)的品种杂交,F1雄性不育(Tt)，如再以雄性正常(tt)的品种回交，下一代将有1/2表现不育，1/2表现雄性正常。这种不育类型在常规杂交育种和回交育种中有较高利用价值。

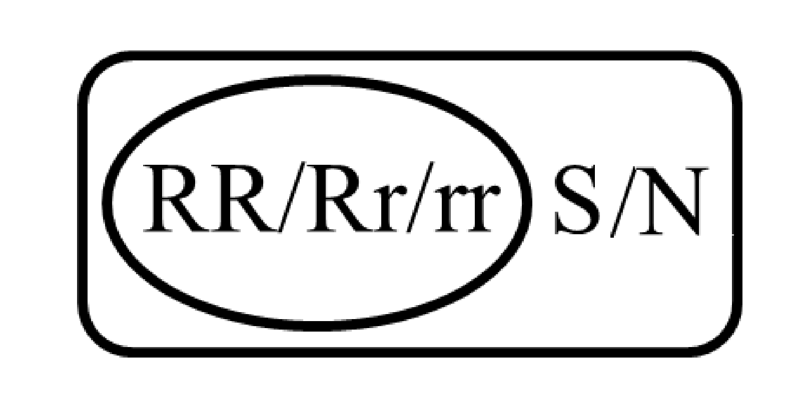
三、植物育性不育性的遗传

1、雄性不育遗传类型

（3）质、核互作型的雄性不育

这种类型的雄性不育性状的表现，是由细胞质基因与细胞核基因共同作用的。

- 胞质不育基因 S　　对应的可育基因 N
- 核内不育基因 r　　对应的可育基因 R
- R又称为育性恢复基因



三、植物育性不育性的遗传

2、“三系”的关系及其遗传原理

目前生产上所利用的雄性不育系，多数属于质核互作型的雄性不育类型。利用这种类型的不育系配制杂交种，除了要有不育系外，还必须同时选出雄性不育保持系、雄性不育恢复系，要三系配套，缺一不可。

三、植物育性不育性的遗传

2、“三系”的关系及其遗传原理

（1）雄性不育系（不育系）

基因型为S(rfrf)，它不能产生正常花粉，因而无法自交留种。但它的雌蕊正常，可以接受其他花粉而受精结实。雄性不育系需要用保持系的花粉来进行繁殖。

请问：保持系的基因型？

三、植物育性不育性的遗传

2、“三系”的关系及其遗传原理

（2）雄性不育保持系（保持系）

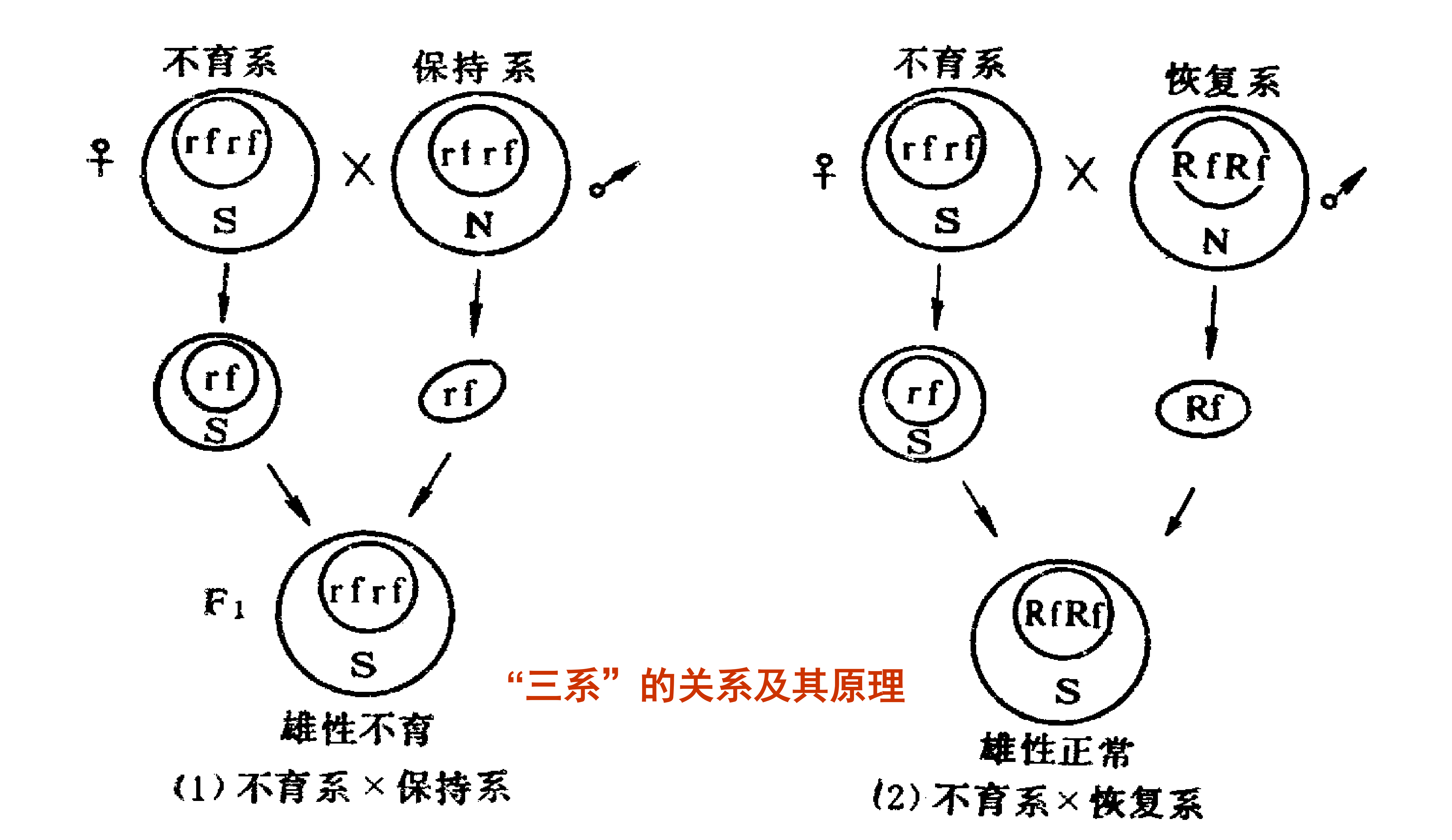
基因型为N(rfrf)，由于它缺少胞质不育基因S，因此它本身的雌、雄蕊都正常，能自交繁殖。将它的花粉授给不育系，能使不育系结实，并能继续保持雄性不育的特性，使不育系得到繁殖。

三、植物育性不育性的遗传

2、“三系”的关系及其遗传原理

（3）雄性不育保持系（保持系）

雄性不育恢复系(恢复系)基因型为S(RfRf)或N(RfRf)，由于它的核内含有恢复基因Rf，所以它本身雄性正常。用它的花粉授给不育系，能够使杂种F1表现雄性正常，并能产生杂种优势。


不育系
保持系
♀
rfrf
S
×
rfrf
N
♂
rf
S
rf
F1
rfrf
S
雄性不育
(1) 不育系×保持系
不育系
恢复系
♀
rfrf
S
×
RfRf
N
♂
rf
S
Rf
RfRf
S
雄性正常
(2) 不育系×恢复系

“三系”的关系及其原理

水稻的花是风媒传粉的两性花，花小且数量多，人工去雄耗时费力，在生产上不具备杂交的可操作性。水稻的育性性状由位于同源染色体相同位置上的3个基因（$E_1/E_2/E_3$）决定，水稻的紫叶鞘（F）和绿叶鞘（f）为一对相对性状，控制该性状的基因与水稻育性基因位于一对同源染色体上，不考虑互换，水稻育性基因的显隐性关系为$E_3>E_1>E_2$.科研人员发现了水稻雄性不育株I（E_1E_1FF）和水稻雄性不育株II（E_1E_1ff），品系甲（E_2E_2ff）和品系乙（E_3E_3ff）分别具有不同的优良性状且育性正常。

(1)将品系甲、乙两种水稻间行种植后自然生长，待种子成熟后，收获品系甲植株上的种子播种，长出幼苗的基因型为_________，根据幼苗的叶鞘颜色______（填“能”或“不能”）辨别出品系甲和乙的杂交种。

水稻的花是风媒传粉的两性花，花小且数量多，人工去雄耗时费力，在生产上不具备杂交的可操作性。水稻的育性性状由位于同源染色体相同位置上的3个基因（$E_1/E_2/E_3$）决定，水稻的紫叶鞘（F）和绿叶鞘（f）为一对相对性状，控制该性状的基因与水稻育性基因位于一对同源染色体上，不考虑互换，水稻育性基因的显隐性关系为$E_3>E_1>E_2$.科研人员发现了水稻雄性不育株I（E_1E_1FF）和水稻雄性不育株II（E_1E_1ff），品系甲（E_2E_2ff）和品系乙（E_3E_3ff）分别具有不同的优良性状且育性正常。

(2)水稻的杂种一代有杂种优势（产量等性状优于双亲）。培育品系甲和品系乙的杂种一代的育种思路：

①让________与品系甲杂交，得到F_1的表型为____________。

②让F_1继续与品系甲杂交，得到F_2的表型为____________。

③通过叶鞘颜色可选择出每代的雄性不育株，让其与品系甲连续多次杂交，直到筛选出________的植株M。

④让植株M作为____（填“父本”或“母本”）与_____杂交，母本植株上的种子就是杂种一代。

蓝粒小麦是小麦（2n = 42）与其近缘种长穗偃麦草杂交得到的。其细胞中来自长穗偃麦草的一对4号染色体（均带有蓝色素基因E）代换了小麦的一对4号染色体。小麦5号染色体上的h基因纯合后，可诱导来自小麦的和来自长穗偃麦草的4号染色体配对并发生交叉互换。某雄性不育小麦的不育基因T与等位可育基因t位于4号染色体上。为培育蓝粒和不育两性状不分离的小麦，研究人员设计了如下图所示的杂交实验。回答下列问题：

P雄性不育小麦(HH)×小麦(hh)

↓

F_1中的不育株×蓝粒小麦(HH)

↓

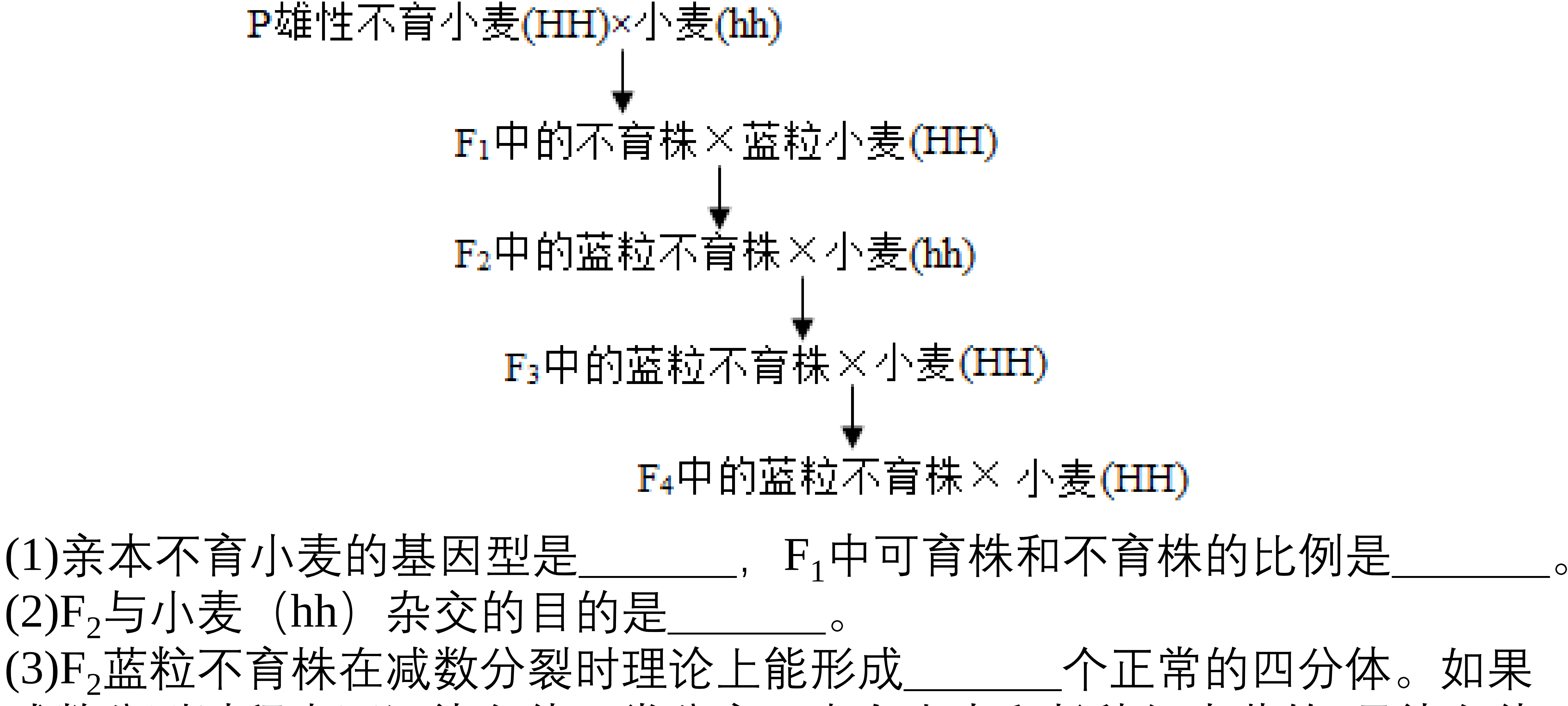
F_2中的蓝粒不育株×小麦(hh)

↓

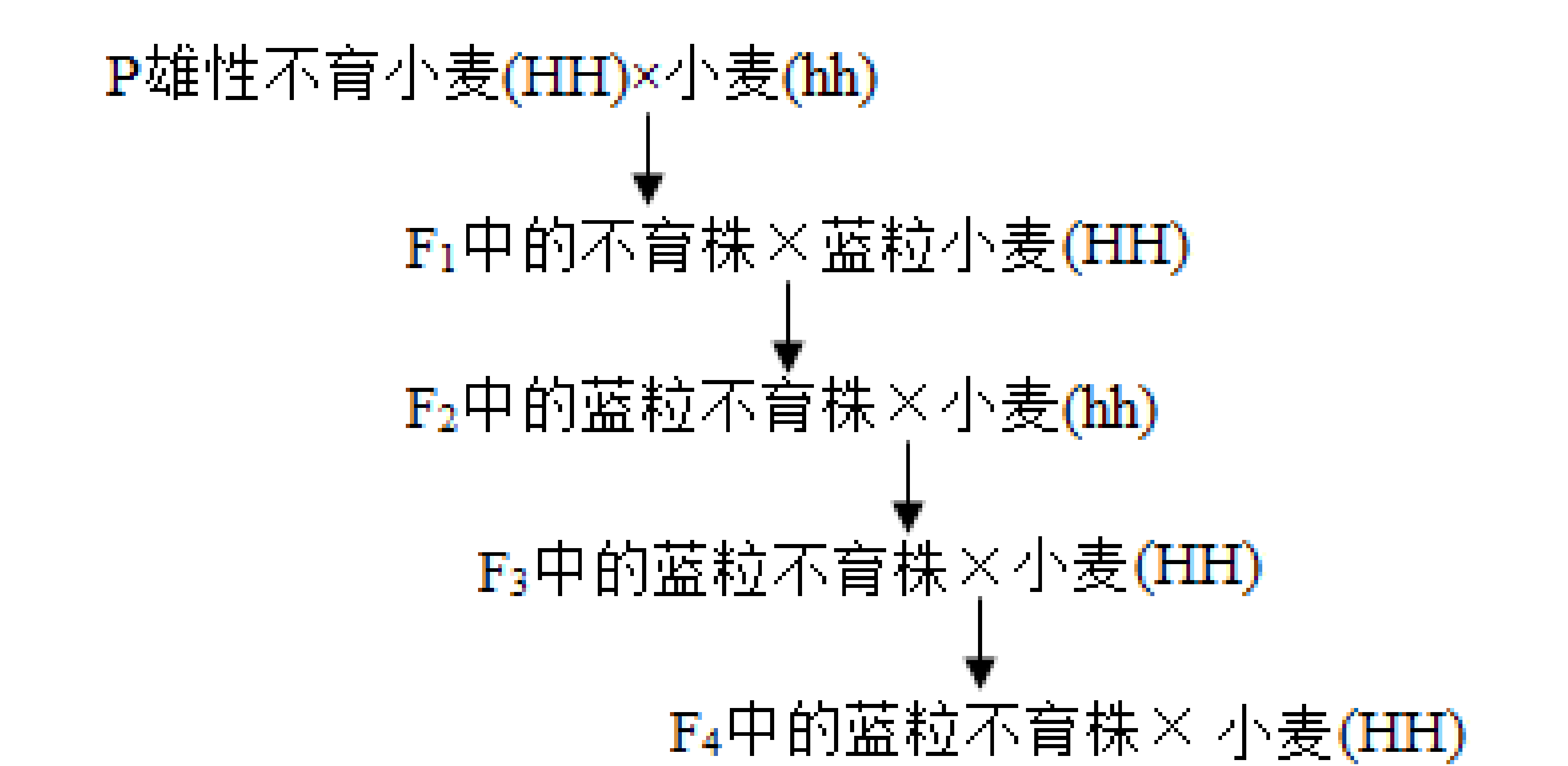
F_3中的蓝粒不育株×小麦(HH)

↓

F_4中的蓝粒不育株× 小麦(HH)



(1)亲本不育小麦的基因型是________，F_1中可育株和不育株的比例是________。
(2)F_2与小麦（hh）杂交的目的是________。
(3)F_2蓝粒不育株在减数分裂时理论上能形成________个正常的四分体。如果减数分裂过程中同源染色体正常分离，来自小麦和长穗偃麦草的4号染色体随机分配，最终能产生________种配子（仅考虑T/t、E基因）。F_3中基因型为hh的蓝粒不育株占比是________。



(4)F_3蓝粒不育株体细胞中有____条染色体，属于染色体变异中的____变异。

(5)F_4蓝粒不育株和小麦（HH）杂交后单株留种形成一个株系。若株系中出现：

①蓝粒可育：蓝粒不育：非蓝粒可育：非蓝粒不育＝1：1：1：1。说明：__；

②蓝粒不育：非蓝粒可育＝1：1。说明___。符合育种要求的是____（填“①”或“②”）。